

(в депо, например, нефтепродуктов). Поскольку многие ингредиенты не всегда определяются автоматическими приборами, то исходными данными для расчетов могут служить результаты дискретных химических анализов, вводимые в МПУ с клавиатуры.

*Выводы*

1. Предложенный метод снижает затраты на привлечение специалистов для проведения рутинных дорогостоящих анализов на всех объектах МУК, и упрощает подход к определению общих количеств загрязняющих веществ, сбрасываемых транспортным предприятием в городскую канализационную сеть, учет которых ведется регулярно.

2. Если на МУК использовать автоматическое устройство для косвенного определения параметра  $\Delta C_x$ , то возможно создание эффективной системы сигнализации опасных ситуаций на объекте или системы, обеспечивающей снижение концентрации загрязняющего вещества в отработанной воде до допустимых норм за счет разбавления стоков.

1. Стольберг Ф.В. и др. Экология города: Учебник. – К.: Либра, 2000. – 464 с.

2. Смирнов Д.Н. Автоматическое регулирование процессов очистки сточных и природных вод. – М.: Стройиздат, 1974. – 256 с.

3. Солодовников В.В., Усков А.С. Статистический анализ объектов регулирования. – М.: Машгиз, 1960. – 360 с.

4. Фукунака К. Введение в статистическую теорию распознавания образов. – М.: Наука, 1979. – 358 с.

5. Ивашенко Н.Н. Автоматическое регулирование. – М.: Машиностроение, 1978. – 735 с.

*Получено 11.02.2003*

УДК 628.543.653 : 681

**С.В. НЕСТЕРЕНКО, С.П. СТАСЕНКО**

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

**КОМПЛЕКСОНАТНАЯ ОБРАБОТКА ОБОРОТНОЙ ВОДЫ  
ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ И  
НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ**

Рассматривается способ снижения процессов коррозии и накипеобразования в высокоминерализованных оборотных водах (на примере коксохимзаводов), заключающийся в обработке подпиточной воды неорганическими полифосфатами (гексаметафосфат натрия) и фосфорорганическими комплексами.

Повышенная коррозионная и накипная активность оборотных вод способствует образованию на теплообменных поверхностях слоя отложений, ухудшающих теплообмен, и, следовательно, ведет к допол-

нительным энергозатратам, потерям коксохимических продуктов и увеличению подпиточных вод.

Для охлаждающей воды оборотных циклов водоснабжения предприятий черной металлургии существуют следующие требования [1]:

- 1) оборотная вода не должна выделять механических, карбонатных и других солевых отложений. Ориентировочно допускается скорость отложений не более  $0,25 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ ;
- 2) вода не должна вызывать точечной и язвенной коррозии, а также равномерной коррозии металла со скоростью, превышающей  $0,09 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ , и разрушение бетона.

Анализ имеющихся данных показывает, что коррозионная и накипная активность оборотных вод коксохимических заводов намного выше требуемого уровня (см. табл.1).

Таблица 1 – Показатели качества, коррозионной и накипной активности охлаждающих вод коксохимзаводов

Исследуемый раствор	Жесткость общая мг-экв/л	рН	Содержание, мг/л		Коррозион- ная актив- ность, г/м <sup>2</sup> ·час	Накип- ная актив- ность г/м <sup>2</sup> ·час
			хлори- дов	сульфа- тов		
1	2	3	4	5	6	7
I группа - солесодержание до 200 мг/л, Ж <sub>общ.</sub> до 4 мг-экв/л						
Искусственный раствор	-	7	110	375	0,65	-
Оборотная вода Череповецкого МК	3,7	8,6	56	14	0,36	отложен- ний нет
II группа - солесодержание до 1500 мг/л Ж <sub>общ.</sub> до 12 мг-экв/л						
Оборотная вода Криворожского КХЗ	6,8	8,6	82	170	0,30	0,71
Оборотная вода Донецкого КХЗ, Рутченково	7,9	7,9	198	258	0,40	0,68
Оборотная вода Авде- евского КХЗ	10,1	7,8	220	360	0,5	0,67
Оборотная вода Яси- новского КХЗ	13	8,1	240	470	0,63	0,64
III группа - солесодержание более 2000 мг/л, Ж <sub>общ.</sub> более 12 мг-экв/л						
Оборотная вода Алчев- ского КХЗ, ул.№2	22,0	7,8	432	1290	0,44	0,78
то же, ул. №1	47,5	8,2	960	1486	0,26	0,88
Оборотная вода Ма- риупольского КХЗ	51,5	8,3	1960	2057	0,21	0,98

Примечание: Коррозионная и накипная активность приведена для растворов при температуре 60 °С.

Целью данной работы является создание эффективной ингибиторной композиции, тормозящей одновременно процессы коррозии и накипеобразования в высокоминерализованной воде.

Существующая сегодня обработка подпиточной воды только фосфорорганическими комплексонами – ингибитором отложений минеральных солей (ИОМС) не решает поставленной задачи [2-4]. Так, на Алчевском КХЗ ИОМС используют для снижения процессов накипеобразования уже в течение многих лет. Доза его при обработке составляет 1,5-2 г на 1 м<sup>3</sup> подпиточной воды. Анализ работы теплообменного оборудования при использовании ингибитора ИОМС на этом заводе (цех улавливания №2) показал, что:

оборотные воды цикла первичных газовых холодильников (ПГХ) обладают повышенной накипной и коррозионной активностью; существующие методы обработки оборотных вод ИОМС и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  не позволяют полностью предотвратить процессы накипеобразования и коррозии; наибольшие коррозионные разрушения проявляются со стороны ввода холодной воды. Это, по-видимому, связано с отсутствием накипных отложений с холодной стороны ПГХ, наличием растворенного кислорода и большой скоростью потока движущейся воды; скорость коррозии углеродистой стали составляет 0,4-0,6 г/м<sup>2</sup>·ч. при неравномерном характере коррозионных процессов, а скорость накипеобразования – 0,26-0,48 г/м<sup>2</sup>·ч. Характер отложений – рыхлые, легко отделяемые.

Для выяснения причин повышенной коррозионной активности, а также разработки методов ее снижения были проведены лабораторные исследования действия ИОМСа на коррозионную и накипную активность оборотной воды цеха улавливания №2 указанного завода. Подготовку и испытание образцов углеродистой стали марки Ст3 выполняли согласно ГОСТу 9.502-86, обработку образцов после испытаний – по ГОСТу 9.907-83, расчет показателя коррозионной стойкости – по ГОСТу 9.908-85. Определение содержания комплексона ИОМС, полифосфатов и ортофосфатов проводили по разработанной нами аналитической методике, заключающейся в фотометрическом измерении оптической плотности растворов восстановленной формы фосфорномолибденовой гетерополикислоты, которая образуется в кислой среде при взаимодействии ортофосфатов с молибдатом аммония. Раздельное определение стало возможным при четком разграничении условий окисления фосфонатов до ортофосфатов и условий обнаружения растворенных ортофосфатов.

Лабораторные испытания ингибитора ИОМС проводили термостатированием оборотной воды объемом 1 дм<sup>3</sup> в колбе, снабженной обратным холодильником и мешалкой при температурах 40 и 70 °С в течение 30 суток. В этой воде выполняли гравиметрические коррозионные испытания образцов углеродистой стали. После испытаний растворы отфильтровывали и определяли показатели качества воды; скорость коррозии оценивали по потере массы образцов; эффективность снижения процесса накипеобразования – по данным опытов по упариванию растворов в условиях термостатирования. Установлено, что эффективность снижения накипеобразования ИОМСом (2 мг/л) в оборотной воде в присутствии образцов из углеродистой стали марки Ст3 составила 45-50% (табл.2), тогда как в присутствии образцов из углеродистой стали с цинковым покрытием эта величина равнялась 80%.

Таблица 2 – Влияние ИОМСа на процессы коррозии и накипеобразования углеродистой стали в охлаждающей воде Алчевского КХЗ

№ п/п	Показатели	Температура испытаний	Оборотная вода улавливания №2 с ИОМСом (2 мг/л)	Модельная оборотная вода улавливания №2 без ИОМСа
1	pH в исходной воде до испытаний		8,29	8,07
	pH после испытаний	40	8,39	8,13
	то же	70	8,64	8,59
2	Жесткость общая до испытаний, мг-экв/л		23	28
	после испытаний	40	21,4	26,9
	то же	70	19,8	25,8
3	Щелочность, ммоль/л, до испытаний		6,4	3,36
	щелочность после испытаний	40	4,8	2,7
	то же	70	2,6	2,04
4	Содержание Fe общ. до испытаний, мг/л		0,26	0,26
	содержание Fe общ. после испытаний, мг/л	40	0,43	0,41
	то же	70	0,59	0,50
5	Скорость коррозии, г/м <sup>2</sup> ·ч.	40	0,352	0,309
	то же	70	0,581	0,588
6	Эффективность процесса накипеобразования, %	40	50,1	-
	то же	70	45,2	-

Изучение состава отложений показало, что содержание в них железа при испытании без ИОМСа составило 15%, а в отложениях при испытании с ИОМСом – 26%. Увеличение концентрации ИОМСа до 5 мг/л, с одной стороны, увеличивает эффективность противонакипной обработки до 60%, а, с другой – содержание железа в отложениях повышается до 40%. Увеличение содержания железа в отложениях свидетельствует, что ИОМС стимулирует процессы коррозии. В связи с этим для снижения процесса коррозии в состав ИОМС добавляли ингибитор коррозии. С этой целью в оборотную воду, содержащую ИОМС, ввели гексаметафосфат натрия (ГМФ).

Испытание ингибиторной композиции (ИОМС-ГМФ) в лабораторных условиях по аналогичному алгоритму показало, что эта композиция эффективно тормозит процессы коррозии и накипеобразования. Эффективность процесса торможения накипеобразования составляет 85-86%. Изменение скорости коррозии при добавлении гексаметафосфата натрия в оборотную воду с ИОМСом приведены на рис.1. Анализ потенциостатических кривых показывает, что при добавлении ГМФ (2 мг/л) скорость коррозии углеродистой стали в оборотной воде снижается в 3-3,5 раза.

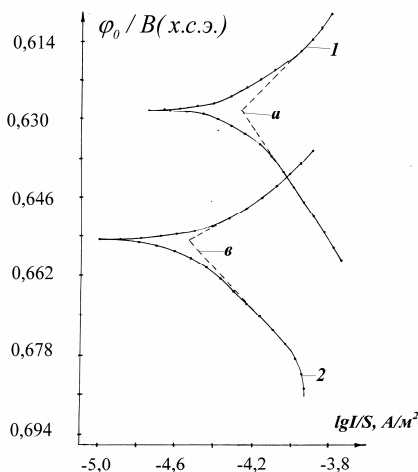


Рис.1 – Влияние гексаметафосфата натрия на коррозионную активность оборотной воды Алчевского КХЗ – 1: а) скорость коррозии оборотной воды с добавкой 2мг/л ИОМС; 2 в) то же с добавкой 2 мг/л ГМФ

Положительные результаты при испытаниях в лабораторных условиях позволили рекомендовать данную композицию для испытаний в производственных условиях. Проверку эффективности ингибиторной композиции проводили на Алчевском КХЗ (цех улавливания №2). Перед началом подачи ГМФ обратная система была промыта. Трубопроводу ПГХ очистили от накипи с помощью ингибированной 5%-ной соляной кислоты. Схема подачи ГМФ в оборотный цикл показана на рис.2. В процессе испытаний ИОМС подавали по существующей схеме в количестве 0,5-1г на 1 м<sup>3</sup> подпиточной воды.

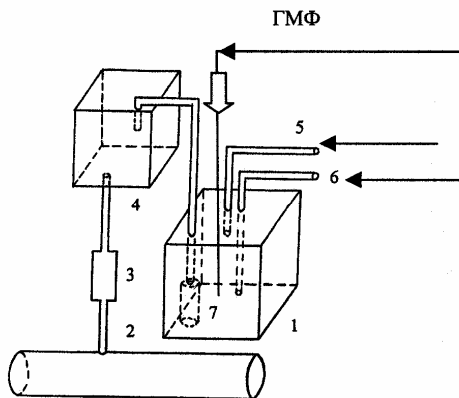


Рис. 2 – Схема дозирования гексаметафосфата в оборотную воду:  
1 – приемок; 2 – трубопровод оборотной воды; 3 – ротаметр; 4 – напорный бак;  
5 – линия подачи пара; 6 – линия подачи оборотной воды в приемок; 7 – насос

Оценка эффективности стабилизации процессов накипеобразования при испытаниях приведена в табл.3, а результаты гравиметрических коррозионных испытаний углеродистой стали в оборотных водах – в табл.4.

Анализ полученных результатов показывает, что введение в состав ингибиторов накипеобразования ИОМС эффективных ингибиторов коррозии (ГМФ) позволяет увеличить его противонакипный эффект в высокоминерализованных водах. Ингибиторная композиция ИОМС+ГМФ эффективно снижает скорость коррозионных процессов в 3-4 раза. Характер коррозии при этом становится равномерным, т.е. тормозятся процессы развития язвенной и точечной коррозии.

Более высокое торможение процессов коррозии и накипеобразования позволит увеличить межремонтный пробег теплообменного оборудования и снизит затраты на его очистку от накипи.

Таблица 3 – Оценка эффективности стабилизации процессов накипеобразования в период подачи ингибиторной композиции

Дата	Коэффициент упаривания	Ca <sup>2+</sup> теорет. , мг-экв/л	Ca <sup>2+</sup> , мг-экв/л		$\Xi_{\text{стаб.}} = \frac{Ca_{\text{оборот.}}}{Ca_{\text{теорет.}}} \cdot 100\%$
			оборотная вода	свежая подпиточная вода	
январь*	3,95	21,34	10,2	5,4	47,8
март*	3,48	18,79	9,0	5,4	48,2
апрель*	4,23	21,99	10,2	5,2	47,9
май*	3,62	21,25	10,6	6,0	46,8
декабрь**	3,52	21,12	16,5	6,0	85,2
май**	3,22	19,32	16,0	6,0	82,8
апрель**	3,4	20,4	17,0	6,0	83,3

\*- без подачи ГМФ, содержание ИОМС – 1,5 – 2мг/л;

\*\* - подача ГМФ – 5 мг/л; содержание ИОМС – 2 мг/л.

Таблица 4 – Результаты коррозионных гравиметрических испытаний образцов при подаче ингибиторной композиции

Место установки	Скорость коррозии, г/м <sup>2</sup> ·час			
	январь-февраль	февраль-март	апрель-май	май-июнь
Верхняя часть ПГХ – горячая секция	0,13±4,3	0,12±0,6	0,16±0,6	0,20±0,5
Нижняя часть ПГХ – горячая секция	0,11±1,3	0,20±2,6	0,08±0,3	0,11±0,2
Верхняя часть ПГХ – холодная секция	0,19±3,0	0,14±9,1	0,06±1,2	0,09±2,8
Нижняя часть ПГХ – холодная секция	0,12±1,0	0,14±5,3	0,18±2,6	0,14±4,5

Экономический расчет показал, что внедрение указанной ингибиторной композиции на Алчевском КХЗ позволит получить экономический эффект 200 тыс. грн. в год.

1.Красавцев Г.И. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1988. – 288 с.

2.Дятлова И.М. Комплексоны и комплексоны металлов. – М.: Химия, 1989. – 544 с.

3.ТУ6-05-2021-86. Ингибитор ИОМС - 1.

4.Пантелей Г.С., Андронов В.А. Новые расчетные методы обработки воды в системах водоснабжения промышленных предприятий // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.45. – К.: Техніка, 2003. – С. 13-18.

Получено 11.02.2003